



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07234890 A**(43) Date of publication of application: **05.09.95**

(51) Int. Cl.

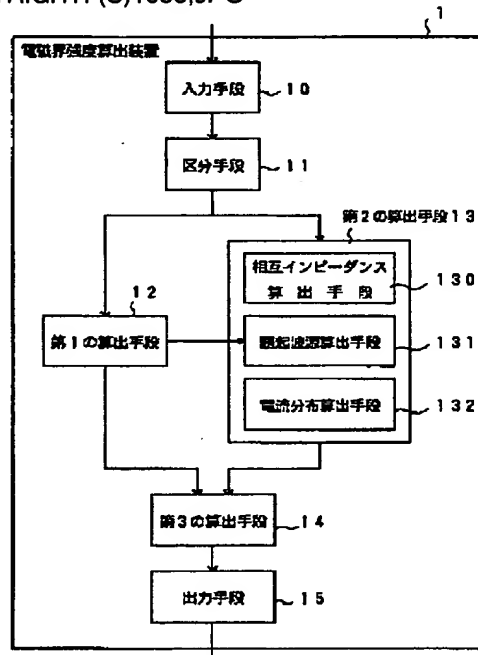
G06F 17/50
G06F 17/00
(21) Application number: **06027109**(22) Date of filing: **25.02.94**(71) Applicant: **FUJITSU LTD**
(72) Inventor:
NISHINO KANJI
MUKAI MAKOTO
OTSU SHINICHI
NAGASE KENJI
**(54) ELECTROMAGNETIC FIELD INTENSITY
 CALCULATOR**
(57) Abstract:

PURPOSE: To calculate the intensity of an electromagnetic field radiated from an electric circuit device with high accuracy at a high speed while reducing storage resources as well.

CONSTITUTION: This device is provided with a dividing means 11 for dividing the respective device parts of the electric circuit device into device parts when the application is possible, of a distribution constant line approximation method and device parts when the application is impossible, and a first calculating means 12 for calculating the current distribution of the device part, which is divided as the part when the application is possible, by executing the distribution constant line approximation method to that device part. Further, this device is provided with a second calculating means 13 for calculating the current distribution of the device part, which is divided as the part when the application is impossible, by executing a moment method to that device part while using the current distribution calculated by the first calculating means 12 and a third calculating means 14 for calculating the intensity of the electromagnetic field

radiated from the electric circuit device from the current distribution calculated by the first and second calculating means 12 and 13.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(51) IntCl. [°]	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 17/50 17/00		7623-5L 8724-5L	G 0 6 F 15/ 80 15/ 20	3 6 0 D D

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願平6-27109	(71) 出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
(22) 出願日	平成6年(1994)2月25日	(72) 発明者	西野 関司 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(72) 発明者	向井 誠 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(72) 発明者	大津 信一 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(74) 代理人	弁理士 岡田 光由 (外1名) 最終頁に続く

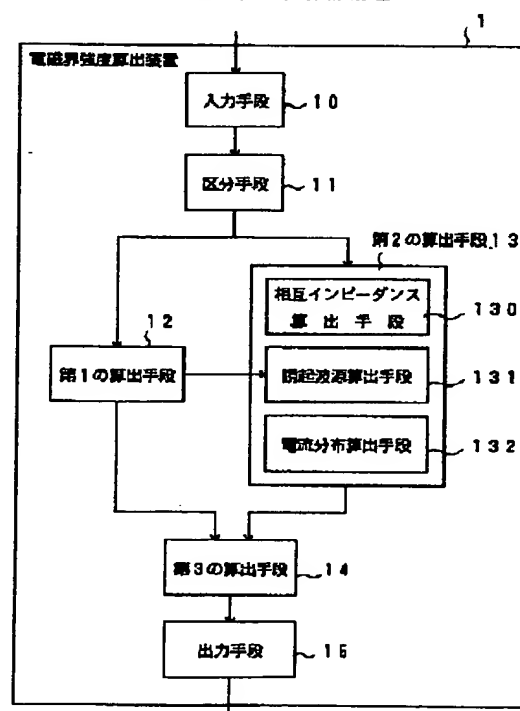
(54) 【発明の名称】 電磁界強度算出装置

(57) 【要約】

【目的】本発明は、電気回路装置の放射する電磁界強度を算出する電磁界強度算出装置に関し、高い精度で、高速に、しかも少ない記憶資源でもって電磁界強度を算出できるようにすることを目的とする。

【構成】電気回路装置の各装置部分を、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分と、適用不可能な装置部分とに区分けする区分手段11と、適用可能と区分けされた装置部分に対して分布定数線路近似法を施すことで、その装置部分の電流分布を算出する第1の算出手段12と、第1の算出手段12の算出する電流分布を用いつつ、適用不可能と区分けされた装置部分に対してモーメント法を施すことで、その装置部分の電流分布を算出する第2の算出手段13と、第1及び第2の算出手段12、13の算出する電流分布から、電気回路装置の放射する電磁界強度を算出する第3の算出手段14とを備えるように構成する。

本発明の原理構成図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電気回路装置の放射する電磁界強度を算出する電磁界強度算出装置において、解析対象となる電気回路装置の各装置部分を、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分と、適用不可能な装置部分とに区分けする区分手段(11)と、上記区分手段(11)が適用可能と区分けする装置部分に対して分布定数線路近似法を施すことで、該装置部分の電流分布を算出する第1の算出手段(12)と、上記第1の算出手段(12)の算出する電流分布を用いつつ、上記区分手段(11)が適用不可能と区分けする装置部分に対してモーメント法を施すことで、該装置部分の電流分布を算出する第2の算出手段(13)と、上記第1の算出手段(12)の算出する電流分布と、上記第2の算出手段(13)の算出する電流分布とから、電気回路装置の放射する電磁界強度を算出する第3の算出手段(14)とを備えることを、特徴とする電磁界強度算出装置。

【請求項2】 請求項1記載の電磁界強度算出装置において、第2の算出手段(13)は、区分手段(11)が適用不可能と判断する装置部分間の相互インピーダンスを算出するとともに、該装置部分と、区分手段(11)が適用可能と判断する装置部分との間の相互インピーダンスを算出する相互インピーダンス算出手段(130)と、第1の算出手段(12)の算出する電流分布と、上記相互インピーダンス算出手段(130)の算出する異種間の相互インピーダンスとのマトリクス演算から、該電流分布が適用不可能装置部分に誘起する波源を算出する誘起波源算出手段(131)と、上記誘起波源算出手段(131)の算出する波源を考慮しつつ、上記相互インピーダンス算出手段(130)の算出する同種間の相互インピーダンスを使い、モーメント法に従って区分手段(11)が適用不可能と判断する装置部分の電流分布を算出する電流分布算出手段(132)とから構成されることを、特徴とする電磁界強度算出装置。

【請求項3】 請求項2記載の電磁界強度算出装置において、電流分布算出手段(132)は、誘起波源算出手段(131)の算出する波源と、区分手段(11)が適用不可能と判断する装置部分の持つ本来の波源との合成値を、モーメント法に用いる波源として使用していくよう処理することを、特徴とする電磁界強度算出装置。

【請求項4】 請求項1ないし3記載の電磁界強度算出装置において、区分手段(11)は、電気回路装置の構造情報を分析することで、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分と、適用不可能な装置部分とを区分けしていくよう処理するこ

とを、

特徴とする電磁界強度算出装置。

【請求項5】 請求項1ないし3記載の電磁界強度算出装置において、電気回路装置の構造情報が区分標識を使って表現されて、区分手段(11)に与えられるよう構成されることを、特徴とする電磁界強度算出装置。

【請求項6】 請求項5記載の電磁界強度算出装置において、

10 区分手段(11)は、区分標識に従って、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分と、適用不可能な装置部分とを区分けしていくよう処理することを、特徴とする電磁界強度算出装置。

【請求項7】 請求項1ないし6記載の電磁界強度算出装置において、区分手段(11)は、1次元の構造物として近似できる装置部分を、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分と判断していくよう処理することを、特徴とする電磁界強度算出装置。

20 【請求項8】 請求項1ないし7記載の電磁界強度算出装置において、区分手段(11)は、信号配線層と接地配線層とを有するプリント板部分を、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分と判断していくよう処理することを、特徴とする電磁界強度算出装置。

【請求項9】 請求項1ないし7記載の電磁界強度算出装置において、区分手段(11)は、同軸構造を有するケーブル部分を、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分と判断していくよう処理することを、特徴とする電磁界強度算出装置。

【請求項10】 請求項1ないし7記載の電磁界強度算出装置において、区分手段(11)は、平行配線構造部分を、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分と判断していくよう処理することを、特徴とする電磁界強度算出装置。

【請求項11】 請求項1ないし7記載の電磁界強度算出装置において、

40 区分手段(11)は、平行平板構造部分を、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分と判断していくよう処理することを、特徴とする電磁界強度算出装置。

【請求項12】 請求項1ないし7記載の電磁界強度算出装置において、区分手段(11)は、平板と配線とが平行に配設される構造部分を、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分と判断していくよう処理することを、特徴とする電磁界強度算出装置。

50 【請求項13】 請求項1ないし12記載の電磁界強度

算出装置において、

区分手段(11)は、原則的には分布定数線路近似法の適用可能な装置部分であっても、分布定数線路近似法の適用不可能な装置部分と判断していくよう処理することを、特徴とする電磁界強度算出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電気回路装置の放射する電磁界強度を算出する電磁界強度算出装置に関し、特に、高い精度で、高速に、しかも少ない記憶資源でもって電磁界強度を算出できる電磁界強度算出装置に関する。

【0002】電気回路装置を設計していくにあたって、電気回路装置の放射する電磁界強度を算出することが要求されることがある。このような電磁界強度を算出する電磁界強度算出装置は、高い精度で、高速に、しかも少ない記憶資源でもって電磁界強度を算出できることが好ましい。

【0003】

【従来の技術】任意形状の物体から放射される電磁波の電磁界強度は、物体各部に流れる電流が分かれば、公知の理論式を用いて容易に計算することができる。この電流値は、理論的には、マックスウェルの電磁波動方程式を与えられた境界条件の下で解くことで得られるものであるが、任意形状物体を対象とした複雑な境界条件の下での理論的な解法は現在知られていない。

【0004】従って、現在の電磁界強度算出装置で用いられている電流を求める解法は、難易の程度はあるにせよ、すべて近似的なものである。現在、この近似的な解法として、微小ループアンテナ近似法と、分布定数線路近似法と、モーメント法という3種類のものが知られている。

【0005】微小ループアンテナ近似法は、波源回路と負荷回路との間を接続する配線をループアンテナとして扱い、ループ上の電流は平坦なものと仮定して、これを集中定数回路の計算手法で求める方法である。図18に、この微小ループアンテナ近似法の構成を図示する。この微小ループアンテナ近似法による計算は最も簡単であるが、ループの寸法が電磁波の波長に比べて無視できない条件では精度が極めて低下することから、現実には殆ど用いられていない。

【0006】一方、分布定数線路近似法は、1次元の構造物として近似できる物体に対して、分布定数線路の方程式を適用することで電流を求める方法である。計算は比較的簡単であり、計算時間及び記憶容量も解析要素数にほぼ比例して増加するに止まり、線路の反射や共振等の現象も含めた解析ができることから、1次元の近似が成立する物体に対しては、高速・高精度の解析ができる。図19に、この分布定数線路近似法の構成を図示する。

【0007】一方、モーメント法は、マックスウェルの電磁波動方程式から導かれる積分方程式の解法の1つであり、図20に示すような3次元の任意形状物体を扱うことができる。具体的には、物体を小さな要素に分割して電流の計算を行うものであり、計算時間及び記憶容量は、解析要素数のほぼ2乗に比例して増大することになる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】確かに、解析対象の電気回路装置が1次元の構造物として近似できる場合には、分布定数線路近似法を用いることで、物体を流れる電流を高速・高精度に求めることができ、電気回路装置の放射する電磁界強度を高速・高精度に求めることができる。

【0009】しかしながら、この分布定数線路近似法では、解析対象の電気回路装置が1次元の構造物として近似できない場合には、原理的に電流を求めることができないという問題点がある。

【0010】すなわち、この分布定数線路近似法では、接地層を有する多層プリント板や同軸ケーブル等の電流については、高速・高精度に求めることができるものの、接地層を持たないことで周囲への電磁界の放射が多いとともに、周囲の電磁界による影響を受ける特性を持つ片面・両面プリント板や、筐体等の任意形状物体については電流を求めることができないことから、プリント板から筐体まで含めた装置全体の解析は原理的に不可能であるという問題点がある。

【0011】一方、確かに、モーメント法を用いると、プリント板から筐体まで含めた装置全体の解析が可能であるものの、解析対象となる電気回路装置の規模が大きくなると、計算量が膨大なものとなるために、現在のコンピュータの能力では、実用的な時間内に解析を行うことができないという問題点がある。そして、記憶資源が膨大なものとなるという問題点もある。

【0012】本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、高い精度で、高速に、しかも少ない記憶資源でもって、複雑な構造体の電気回路装置の放射する電磁界強度を算出できるようにする新たな電磁界強度算出装置の提供を目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】図1に本発明の原理構成を図示する。図中、1は本発明により構成される電磁界強度算出装置であって、本発明に従って、解析対象となる電気回路装置の放射する電磁界強度を算出する。

【0014】この電磁界強度算出装置1は、入力手段10と、区分手段11と、第1の算出手段12と、第2の算出手段13と、第3の算出手段14と、出力手段15とを備える。

【0015】入力手段10は、解析対象となる電気回路装置の構造情報を外部から受け取る。区分手段11は、

解析対象となる電気回路装置の各装置部分を、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分と、分布定数線路近似法の適用不可能な装置部分とに区別する。

【0016】第1の算出手段12は、区分手段11が適用可能と区別する装置部分に対して分布定数線路近似法を施すことで、その装置部分の電流分布を算出する。第2の算出手段13は、相互インピーダンス算出手段130と、誘起波源算出手段131と、電流分布算出手段132とから構成されて、第1の算出手段12の算出する電流分布を用いつつ、区分手段11が適用不可能と区別する装置部分に対してモーメント法を施すことで、その装置部分の電流分布を算出する。

【0017】第3の算出手段14は、第1の算出手段12の算出する電流分布と、第2の算出手段13の算出する電流分布とから、電気回路装置の放射する電磁界強度を算出する。

【0018】出力手段15は、第3の算出手段14の算出する電磁界強度を外部に出力する。

【0019】

【作用】本発明では、入力手段10が、外部から解析対象となる電気回路装置の持つ形状や寸法や材料特性や電気特性等の構造情報を受け取って区分手段11に与えると、区分手段11は、その構造情報を分析することで、解析対象となる電気回路装置の各装置部分を、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分と、分布定数線路近似法の適用不可能な装置部分とに区別する。

【0020】例えば、信号配線層と接地配線層とを有するプリント板部分や、同軸構造を有するケーブル部分や、平行配線構造部分や、平行平板構造部分や、平板と配線とが平行に配設される構造部分といった1次元の構造物として近似できる装置部分については分布定数線路近似法の適用可能な装置部分と判断し、それ以外については、分布定数線路近似法の適用不可能な装置部分と判断して区別していくのである。なお、このとき、例えば、同軸構造を有するケーブルの外導体部分については分布定数線路近似法では十分精度がでないことに対応させて、このような原則的には分布定数線路近似法の適用可能な装置部分であっても、分布定数線路近似法の適用不可能な装置部分と判断していくことがある。

【0021】そして、この区別処理を実行すると、区分手段11は、第1の算出手段12に対して、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分の構造情報を通知するとともに、第2の算出手段13に対して、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分の構造情報と、分布定数線路近似法の適用不可能な装置部分の構造情報とを区別しつつ通知する。

【0022】区分手段11から、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分の構造情報を受け取ると、第1の算出手段12は、その装置部分に含まれる波源を用いて、その装置部分に対して分布定数線路近似法を施すこと

で、その装置部分の電流分布を算出する。

【0023】一方、区分手段11から、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分の構造情報と、分布定数線路近似法の適用不可能な装置部分の構造情報とを区別しつつ受け取ると、第2の算出手段13は、最初に、相互インピーダンス算出手段130の算出処理に従って、分布定数線路近似法の適用不可能な装置部分間の相互インピーダンスを算出するとともに、分布定数線路近似法の適用不可能な装置部分と、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分との間の相互インピーダンスを算出する。

【0024】続いて、誘起波源算出手段131の算出処理に従って、第1の算出手段12の算出した電流分布と、相互インピーダンス算出手段130の算出した異種間の相互インピーダンスとのマトリクス演算から、第1の算出手段12の算出した電流分布が分布定数線路近似法の適用不可能な装置部分に誘起する波源を算出する。

【0025】続いて、電流分布算出手段132の算出処理に従って、誘起波源算出手段131の算出した波源と、分布定数線路近似法の適用不可能な装置部分の持つ本来の波源との合成値を波源として使用して、相互インピーダンス算出手段130の算出した同種間の相互インピーダンスを係数行列とするモーメント法の連立一次方程式を解くことで、分布定数線路近似法の適用不可能な装置部分の電流分布を算出する。

【0026】このようにして、第1の算出手段12が、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分の電流分布を分布定数線路近似法に従って算出し、第2の算出手段13が、分布定数線路近似法の適用不可能な装置部分の電流分布をモーメント法に従って算出すると、第3の算出手段14は、これらの電流分布から、電気回路装置の放射する電磁界強度を算出し、この算出結果を受けて、出力手段15は、算出された電磁界強度を外部に出力する。

【0027】このように、本発明では、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分については、適用不可能な装置部分の持つ電流値が小さいことに対応して、その電流値の誘起する波源を考慮することなく、計算の簡単な分布定数線路近似法に従って電流分布を求め、一方、分布定数線路近似法の適用不可能な装置部分については、適用可能な装置部分の持つ電流値が大きいことに対応して、その電流値の誘起する波源を考慮しつつ、高精度のモーメント法に従って電流分布を求める構成を採るものであることから、高い精度で、高速に、しかも少ない記憶資源でもって、複雑な構造体の電気回路装置の放射する電磁界強度を算出できるようになる。

【0028】

【実施例】以下、実施例に従って本発明を詳細に説明する。図2に、図1で説明した本発明の電磁界強度算出装置1の実行する処理フローの一実施例を図示する。

【0029】ここで、図中、20は入力データファイル

であって、解析対象となる電気回路装置の構造体情報を管理するもの、21は出力データファイルであって、算出された電磁界強度を格納するものである。

【0030】図3に、入力データファイル20の管理するデータのデータ構造を図示する。この管理データは、手入力やCADシステムから入力されるものであって、この図に示すように、解析ステートメントブロックと、モデル記述ステートメントブロックと、出力制御ステートメントブロックとから構成される。

【0031】この解析ステートメントブロックは、図4に示すように、周波数や収束判定値といった各種の解析条件を管理するものであり、出力制御ステートメントブロックは、図5に示すように、電磁放射パターン図の出力可否や、電磁等値面図の出力可否等の各種の出力条件を管理するものである。

【0032】一方、モデル記述ステートメントブロックは、解析対象となる電気回路装置の構造体情報を管理するものである。この構造体情報は、分布定数線路近似法でモデル化できる装置部分については、分布定数線路近似法でモデル化され、分布定数線路近似法でモデル化できない装置部分については、モーメント法でモデル化されることになる。図6に、プリント板の配線をセグメントに分割していくことでモデル化する分布定数線路近似法のモデル化例、図7に、構造体をパッチに分割していくことでモデル化するモーメント法のモデル化例を図示する。

【0033】図8に、このモデル記述ステートメントブロックのデータ構造の詳細構成を図示する。この図に示すように、モデル記述ステートメントブロックは、具体的には、「\$POINT」で、電気回路装置上の各ポイントについてのポイント番号/座標値を管理し、「\$WIRE」で、電気回路装置に実装される各ワイヤについてのワイヤ番号/材料番号/配置ポイント番号を管理し、「\$PATCH」で、電気回路装置上の各パッチについてのパッチ番号/材料番号/配置ポイント番号を管理し、「\$MATERIAL」で、電気回路装置に実装される各材料の材料番号/種別/電気特性/形状特性を管理し、「\$BOARD」で、電気回路装置に実装される各プリント板のボード番号/材料番号/配置ポイント番号を管理し、「\$SEGMENT」で、プリント板上の各セグメントについてのボード番号/セグメント番号/配置座標値/プリント板の層番号を管理し、「\$PIN」で、プリント板上の各ピンについてのボード番号/ピン番号/配置座標値/プリント板の層番号/回路番号/接続される波源番号を管理し、「\$SOURCE」で、電気回路装置に実装される各波源の波源番号/接続されるポイント番号/波源の電圧値を管理し、「\$LOAD」で、電気回路装置に実装される各負荷の負荷番号/接続されるポイント番号/負荷となるインピーダンスを管理するというように、解析対象となる電気回路装置の構造体情報を管理するのである。

【0034】次に、図2に示す処理フローに従って、本発明の電磁界強度算出装置1の実行する電磁界強度算出処理について詳細に説明する。本発明の電磁界強度算出装置1は、起動されると、図2の処理フローに示すように、先ず最初に、ステップ1で、入力データファイル20から解析対象となる電気回路装置の構造体情報を読み込んで初期設定を施す。

【0035】次に、ステップ2で、処理済の周波数をカウントすることで、解析制御ステートメントブロックに登録されている全周波数についての処理を終了したの可否かを判断して、終了したことを判断するときには全処理を終了し、終了していないことを判断するときには、以下の処理を行う周波数を未処理の中から1つ選択する。

【0036】続いて、ステップ3で、読み込んだ構造体情報から、分布定数線路近似法を適用する装置部分であるのか、モーメント法を適用する装置部分であるのかを判断する。この判断処理は、読み込んだ構造体情報の内、上述の区分標識「\$WIRE」及び「\$PATCH」の指す装置部分についてはモーメント法を適用する装置部分であると判断し、一方、読み込んだ構造体情報の内、上述の区分標識「\$BOARD」、「\$SEGMENT」及び「\$PIN」の指す装置部分については分布定数線路近似法を適用する装置部分であると判断していくことで行う。

【0037】ここで、このような区分標識による判断を用いるのではなくて、構造体情報の形状や寸法等から直接判断していく方法を採用することも可能である。すなわち、信号配線層と接地配線層とを有するプリント板部分については、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分と判断するとともに、図9に示すように、一定の径で、かつ一定の間隔を持つ平行配線構造部分や、一定の幅で、かつ一定の間隔を持つ平行平板構造部分や、平板と一定の径の線分とが一定の間隔を持つ構造部分や、内部線分が一定の径で、かつ一定の間隔を持つ外部円筒又は外部多角柱からなる同軸構造部分については、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分と判断する。一方、管体の構造部分や、管体の配線構造部分や、管体から大地への接地配線構造部分や、管体に取り付けられたシールド構造部分や、管体の内部に実装される電気回路ユニットの導体面構造部分といったような、それ以外の構造部分については、モーメント法を適用する装置部分と判断するのである。なお、このとき、精度を優先させて、原則的には分布定数線路近似法の適用可能な装置部分であっても、モーメント法を適用する装置部分と判断していくことがある。

【0038】ステップ3の処理を終了すると、分布定数線路近似法を適用する装置部分の電流分布を算出すべく、ステップ4に進んで、ステップ3で分布定数線路近似法を適用する装置部分であると判断されたn個の線路に対して、最下流の線路の持つ負荷インピーダンス（上

述の「\$LOAD」の管理するもの)を使い、下流側の線路から順番に各線路の入力インピーダンス Z_k ($k=n \sim 1$)を計算する。

【0039】この入力インピーダンス Z_k ($\equiv Z_{in}$)の計算は、図10に示すように、線路の特性インピーダンスを Z_0 、伝播定数を γ 、線路長を l 、下流側の負荷インピーダンスを Z_L で表すならば、分布定数線路近似法に従い、

【0040】

【数1】

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L \cosh \gamma l + Z_0 \sinh \gamma l}{Z_0 \cosh \gamma l + Z_L \sinh \gamma l}$$

【0041】により算出され、そして、この線路上流に位置する線路の入力インピーダンス Z_{in} は、算出された下流側線路の入力インピーダンス Z_{in} を新たに Z_L として用いることで算出されていくことになる。なお、図11に示すように線路が分岐する場合には、オームの法則に従い、

【0042】

【数2】

$$Z_{in} = \frac{Z_{in1} \cdot Z_{in2}}{Z_{in1} + Z_{in2}}$$

【0043】により算出されていく。続いて、ステップ5で、ステップ3で分布定数線路近似法を適用する装置部分であると判断された n 個の線路に対して、最上流の線路の持つ波源(上述の「\$SOURCE」の管理するもの)と、算出された入力インピーダンス Z_k とを用いて、上流側から順番に各線路の電流 I_k ($k=1 \sim n$)を計算する。

【0044】この電流 I_k の計算は、図12に示すように、線路の特性インピーダンスを Z_0 、伝播定数を γ 、線路長を l 、線路上流側インピーダンスを Z_{inA} 、線路の下流側インピーダンスを Z_{inB} 、線路上流側電流を I_A 、線路の下流側電流を I_B 、線路上流側波源を V_A ($=Z_{inA} \times I_A$)で表すならば、分布定数線路近似法に従い、

【0045】

【数3】

$$I_B = \frac{V_A \cosh \gamma l + Z_0 I_A \sinh \gamma l}{Z_{inB}}$$

【0046】により算出されていくことになる。一方、ステップ3の処理を終了すると、モーメント法を適用する装置部分の電流分布を算出すべく、ステップ6に進んで、グリーン関数を使って、ステップ3でモーメント法を適用する装置部分であると判断された m 個の装置部分間の相互インピーダンス Z_{ij} ($i=1 \sim m, j=i \sim m$)を計算するとともに、ステップ3でモーメント法を適用する装置部分であると判断された m 個の装置部分と、ステップ3で分布定数線路近似法を適用する装置部分であると判断された n 個の線路との間の相互インピー

ダンス Z_{ik} ($i=1 \sim m, k=1 \sim n$)を計算する。すなわち、図13に示すような相互インピーダンス Z_{ij} 、 Z_{ik} とを計算するのである。

【0047】続いて、ステップ7で、ステップ6で算出した相互インピーダンス Z_{ij} 、 Z_{ik} と、上述の「\$SOURCE」で指定されるモーメント法の波源である電圧値 V_i ($i=1 \sim m$)と、ステップ5で算出した分布定数線路近似法を適用する装置部分の電流 I_k とを用い、図14に示すモーメント法の積分方程式を解くことで、モーメント法を適用する装置部分の電流 I_i ($i=1 \sim m$)を算出する。

【0048】ここで、この算出処理にあつて、相互インピーダンス Z_{ik} は、ステップ5で算出した電流 I_k とのマトリクス演算のみに使用されて、電流 I_k がモーメント法の適用装置部分に誘起する波源を算出するためにのみ用いられる。すなわち、従来のように、解析対象となる電気回路装置全体にモーメント法を適用する場合には、図15(a)に示すように、「 $(n+m) \times (n+m)$ 」個の相互インピーダンスを用いてモーメント法の積分方程式を解くのに対して、本発明では、図15

(b)に示すように、「 $m \times m$ 」の相互インピーダンス Z_{ij} のみを用いてモーメント法の積分方程式を解くことになるのである。従つて、高速に積分方程式を解くことができる。なお、相互インピーダンスは対称行列であることから、図15の破線に示すように実際には計算量は半分となる。

【0049】このようにして、ステップ5で分布定数線路近似法を適用する装置部分の電流 I_k が算出され、ステップ7でモーメント法を適用する装置部分の電流 I_i が算出されると、続いて、ステップ8で、処理済の観測点をカウントすることで、出力制御ステートメントブロックに登録されている全観測点についての処理を終了したのか否かを判断して、終了したことを判断するときにはステップ2に戻り、終了していないことを判断するときには、以下の処理を行う観測点を未処理の中から1つ選択する。

【0050】続いて、ステップ9で、ステップ5で算出された電流 I_k と、ステップ7で算出された電流 I_i とを使って、それらの電流 I_k, I_i が観測点にもたらす電磁界強度を算出して、その算出結果を出力データファイル21に格納してからステップ8に戻っていく。

【0051】このようにして、本発明では、図16に示すように、解析対象となる電気回路装置が、モーメント法を適用する装置部分である2個のパッチと、分布定数線路近似法を適用する装置部分である3個のセグメントとからなる場合には、図17に示すように、パッチとセグメントとの間の相互インピーダンスと、ステップ5の処理で求まるセグメントの電流値とのマトリクス演算により、それらの電流値が誘起する波源を算出して、それをパッチの波源に加算しつつ、積分方程式を解くことで

パッチの電流値を求める構成を採るものである。

【0052】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の電磁界強度算出装置は、分布定数線路近似法の適用可能な装置部分については、適用不可能な装置部分の持つ電流値が小さいことに対応して、その電流値の誘起する波源を考慮することなく、計算の簡単な分布定数線路近似法に従って電流分布を求め、一方、分布定数線路近似法の適用不可能な装置部分については、適用可能な装置部分の持つ電流値が大きいことに対応して、その電流値の誘起する波源を考慮しつつ、高精度のモーメント法に従って電流分布を求める構成を採るものであることから、高い精度で、高速に、しかも少ない記憶資源でもって、複雑な構造体の電気回路装置の放射する電磁界強度を算出できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理構成図である。

【図2】本発明の実行する処理フローの一実施例である。

【図3】入力データファイルの管理データのデータ構造例である。

【図4】解析制御ステートメントブロックのデータ構造例である。

【図5】出力制御ステートメントブロックのデータ構造例である。

【図6】分布定数線路近似法のモデル化例である。

【図7】モーメント法のモデル化例である。

【図8】モデル記述ステートメントブロックのデータ構造例である。

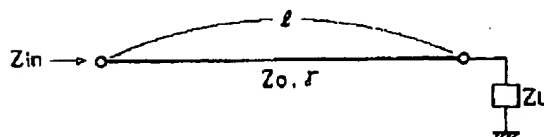
【図4】

解析制御ステートメントブロックのデータ構造例

\$FREQUENCY	周波数
\$CONVERGENCE	収束判定値

【図10】

入力インピーダンスの算出処理の説明図



【図9】分布定数線路近似法の適用可能な構造例である。

【図10】入力インピーダンスの算出処理の説明図である。

【図11】入力インピーダンスの算出処理の説明図である。

【図12】電流算出処理の説明図である。

【図13】相互インピーダンスの説明図である。

【図14】本発明の積分方程式の説明図である。

10 【図15】積分方程式に用いられる相互インピーダンスの説明図である。

【図16】電気回路装置の構造例である。

【図17】本発明の処理説明図である。

【図18】微小ループアンテナ近似法の説明図である。

【図19】分布定数線路近似法の説明図である。

【図20】モーメント法が適用される構造体の一例である。

【符号の説明】

- 1 電磁界強度算出装置
- 10 入力手段
- 11 区分手段
- 12 第1の算出手段
- 13 第2の算出手段
- 14 第3の算出手段
- 15 出力手段
- 130 相互インピーダンス算出手段
- 131 誘起波源算出手段
- 132 電流分布算出手段

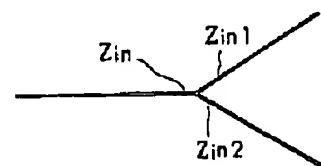
【図5】

出力制御ステートメントブロックのデータ構造例

\$PATTERN	<input type="checkbox"/> 放射パターン図の出力可否
\$COUNTOUR	<input type="checkbox"/> 等値面図の出力可否

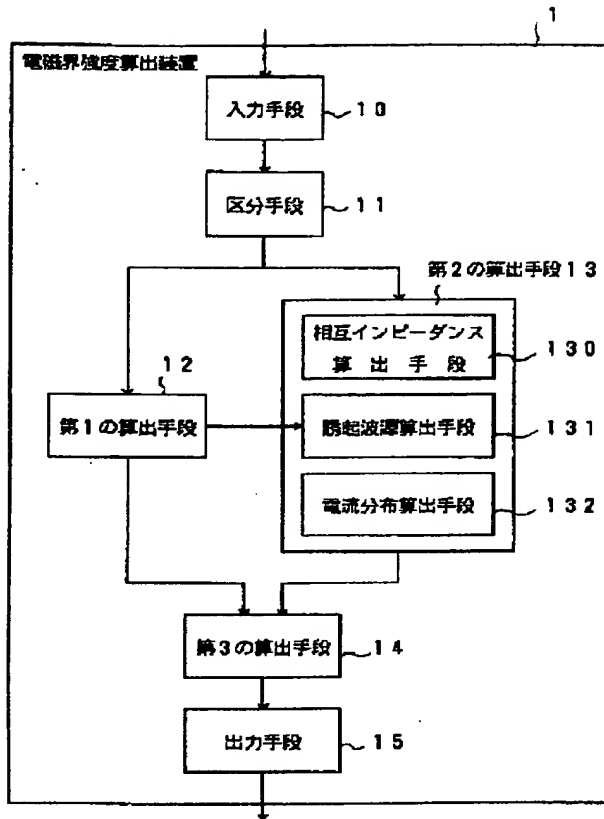
【図11】

入力インピーダンスの算出処理の説明図



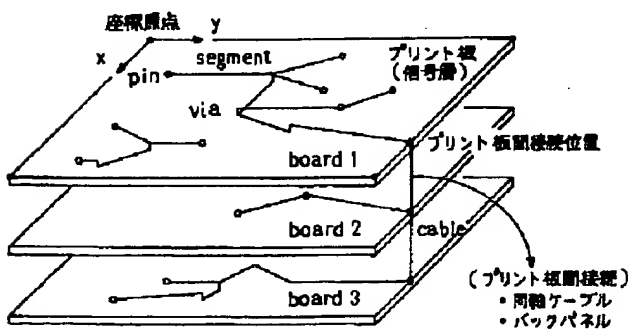
【図1】

本発明の原形構成図



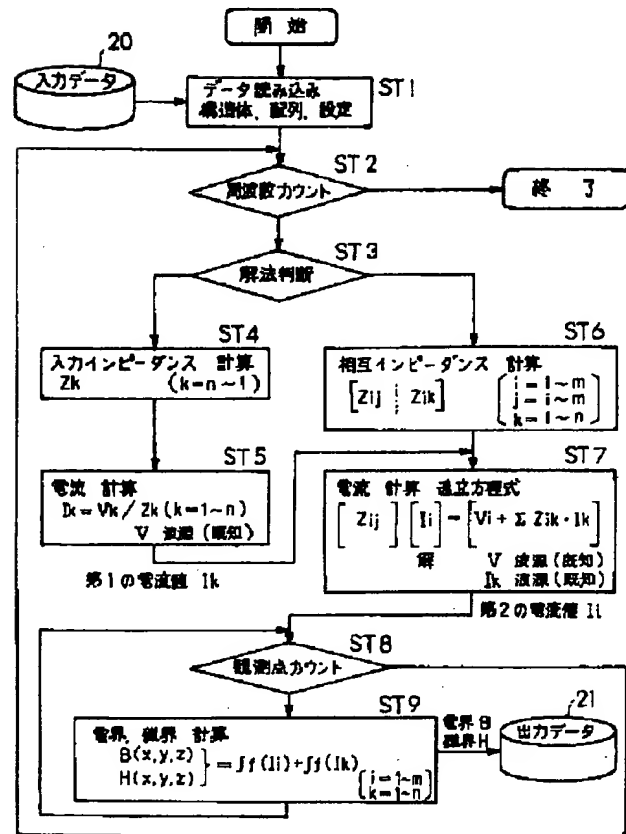
【図6】

分布定数線路近似法のモデル化例



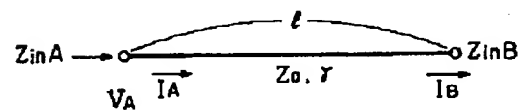
【図2】

本発明の実行する処理フローの一実施例



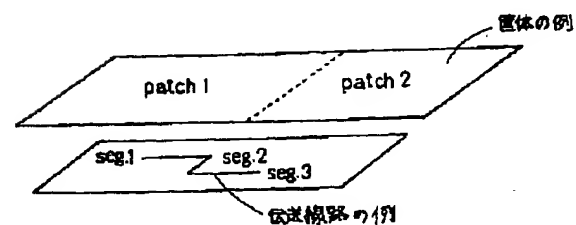
【図12】

電流算出処理の説明図



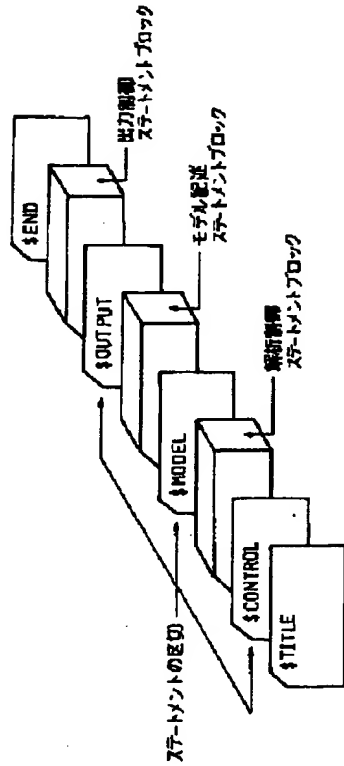
【図16】

電気回路装置の構造例



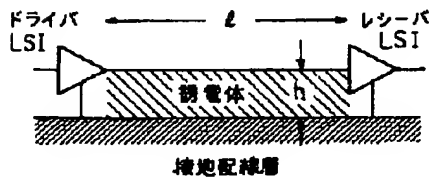
【図3】

入カデータファイルの管理データのデータ 造例

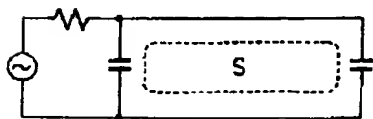


【図18】

微小ループアンテナ近似法の説明図



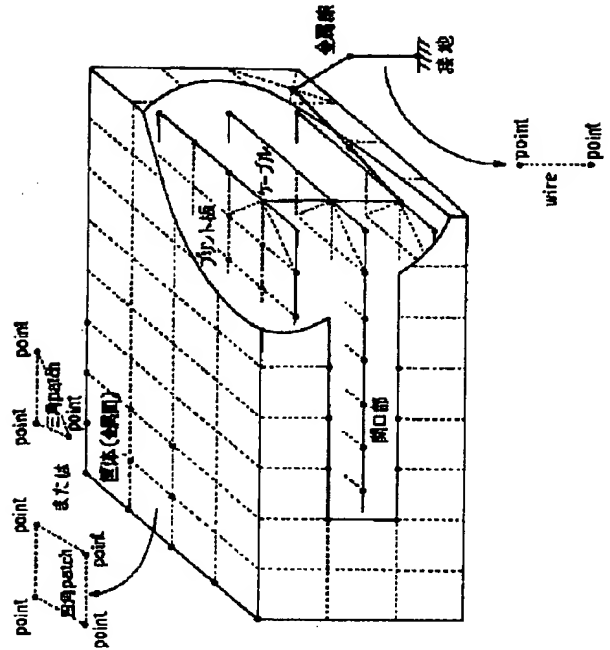
電流



電流放射量 \propto 周波数² × 電流 × ループ面積 (一様)

【図7】

モーメント法のモデル化例



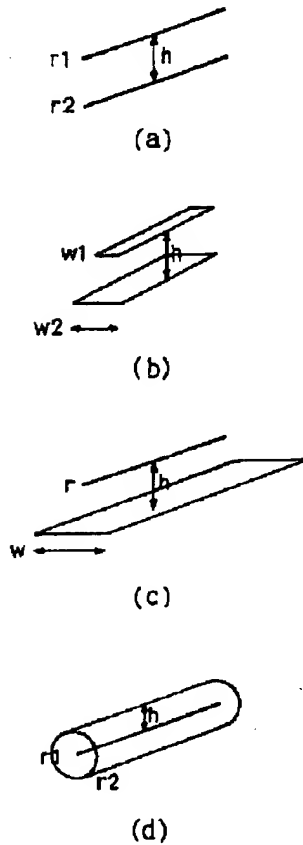
【図8】

モデル記述ステートメントブロックのデータ構造例

\$POINT	ポイント番号	X座標値	Y座標値	Z座標値	
\$WIRE	ワイヤ番号	材料番号	ポイント番号1	ポイント番号2	
\$PATCH	パッチ番号	材料番号	ポイント番号1	ポイント番号2	ポイント番号4
\$MATERIAL	材料番号	種類	比誘電率	導電率	ワイヤ径
\$BOARD	ボード番号	材料番号	ポイント番号1	ポイント番号2	ポイント番号4
\$SEQUENT	シーケント番号	ポイント番号	X座標値	Y座標値	Z座標値
\$PIN	ピン番号	ポイント番号	X座標値	Y座標値	回路番号
\$SOURCE	波源番号	接続先ポイント番号	電圧値		
\$LOAD	負荷番号	接続先ポイント番号	負荷インダクタンス		

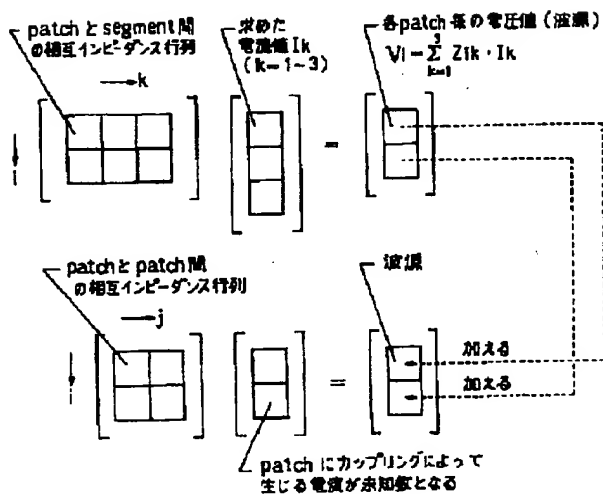
【図9】

分布定数線路近似法の適用可能な構造例



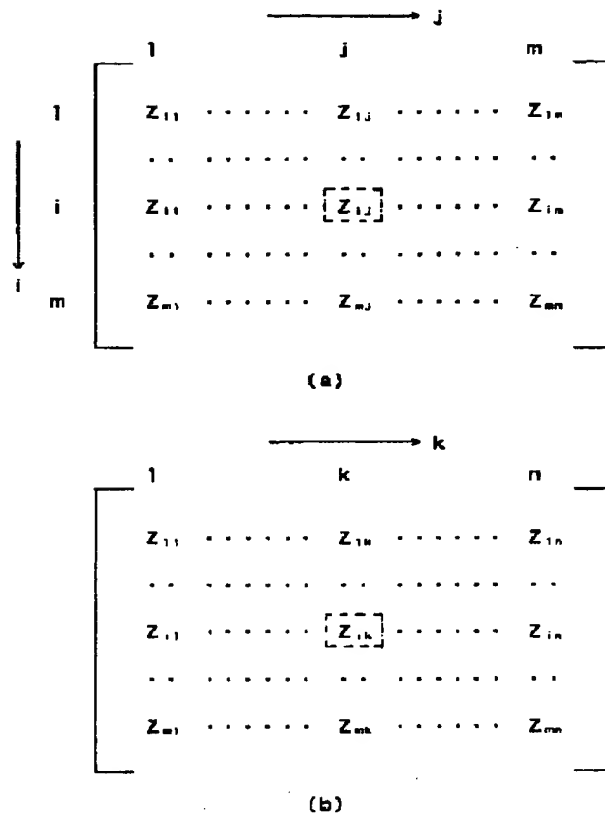
【図17】

本発明の処理説明図



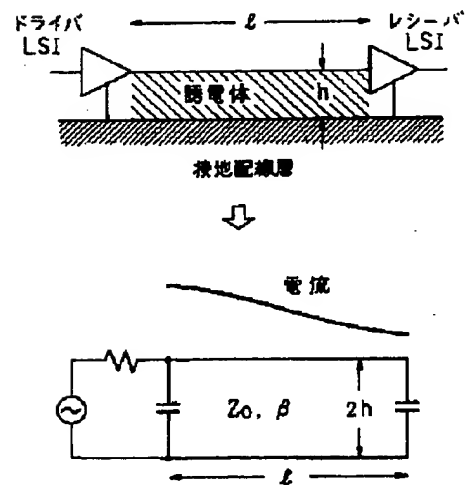
【図13】

相互インピーダンスの説明図



【図19】

分布定数線路近似法の説明図



電波放射量 - 電流分布依存

【図14】

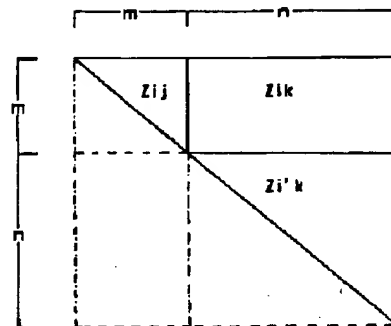
本発明の積分方程式の説明図

$$\begin{bmatrix} V_1 + \sum Z_{1k} \cdot I_k \\ \vdots \\ V_n + \sum Z_{nk} \cdot I_k \\ \vdots \\ V_m + \sum Z_{mk} \cdot I_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_1 \\ \vdots \\ I_n \\ \vdots \\ I_m \end{bmatrix}$$

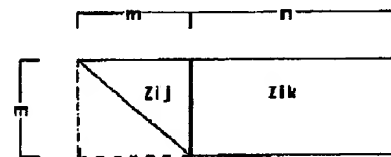
$$\begin{bmatrix} Z_{11} & \cdots & Z_{1n} & \cdots & Z_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{n1} & \cdots & Z_{nn} & \cdots & Z_{nm} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{m1} & \cdots & Z_{m1} & \cdots & Z_{mm} \end{bmatrix}$$

【図15】

積分方程式に用いられる相互インピーダンスの説明図



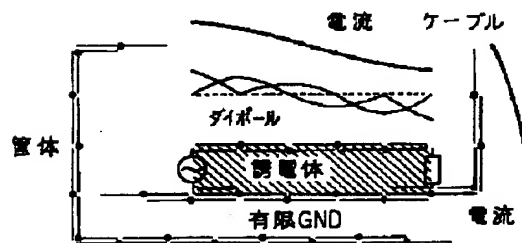
(a)



(b)

【図20】

モーメント法が適用される構造体の一例



フロントページの続き

(72)発明者 長瀬 健二

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

THIS PAGE BLANK (USPTO)